

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06302506 A**(43) Date of publication of application: **28.10.94**

(51) Int. Cl.

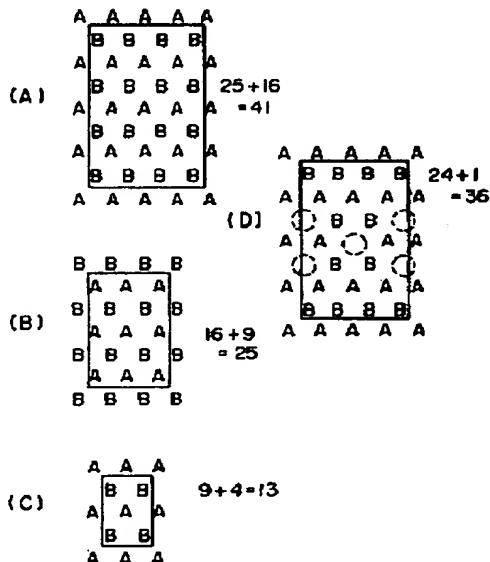
H01L 21/027**G03F 7/20****G03F 7/20**(21) Application number: **05173388**(22) Date of filing: **13.07.93**(30) Priority: **19.02.93 JP 05 30902**(71) Applicant: **FUJITSU LTD**(72) Inventor: **ARAI SOICHIRO
YASUDA HIROSHI
KAI JUNICHI**(54) **METHOD AND APPARATUS FOR ELECTRON BEAM EXPOSURE**

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a method for electron beam exposure based on blanking aperture array wherein the edges of a pattern are controlled with an accuracy exceeding a specified pitch when exposing the pattern using exposure dots arranged in rows and columns with the specified pitch, and a high throughput is attained.

CONSTITUTION: A single electron beam is shaped to obtain N electron beam groups, each composed of a plurality of electron beam elements arranged with the pitch specified. The electron beam groups are formed in a way that, letting the number of electron beam elements in each group be M, M is an arbitrary integer smaller than N and any adjoining groups are shifted from each other by 1/N pitch.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-302506

(43)公開日 平成6年(1994)10月28日

(51)Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 F 7/20	5 0 4	7316-2H		
	5 2 1	7316-2H		
		8831-4M		
			H 0 1 L 21/ 30	3 4 1 Q
審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 28 頁)				

(21)出願番号 特願平5-173388

(22)出願日 平成5年(1993)7月13日

(31)優先権主張番号 特願平5-30902

(32)優先日 平5(1993)2月19日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72)発明者 荒井 総一郎

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72)発明者 安田 洋

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72)発明者 甲斐 潤一

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74)代理人 弁理士 伊東 忠彦

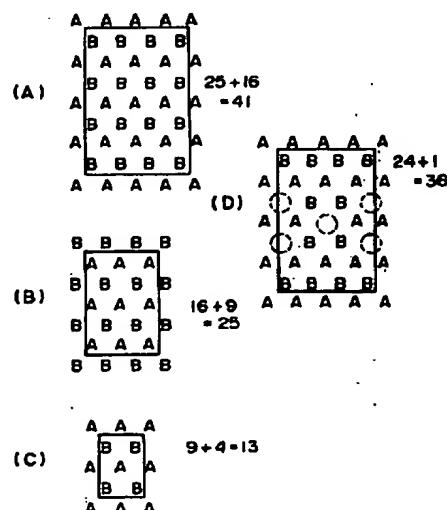
(54)【発明の名称】 電子ビーム露光方法および露光装置

(57)【要約】

【目的】ブランキングアパーチャアレイを使った電子ビーム露光方法において、所定のピッチで縦横に配列した露光ドットにより露光パターンを露光する際に、露光パターンのエッジを前記所定のピッチよりも細かい精度で制御でき、かつ高いスループットで露光できる露光方法を提供することを目的とする。

【構成】単一の電子ビームを整形して、前記所定のピッチで配列した複数の電子ビーム要素よりなるN群の電子ビーム群を、隣接した電子ビーム群間で前記電子ビーム要素がMをNより小さい任意の整数として、相互に1/Nピッチずれるように形成する。

本発明を矩形パターンの精密露光に対して適用した例を示す図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 単一の電子ビームを整形して複数の電子ビーム要素よりなる電子ビームパターンを形成するビーム整形工程と、物体上に所定露光パターンを、前記電子ビームパターンを構成する複数の電子ビーム要素の照射により、所定のピッチで配列した露光ドットの集合として描画する露光工程とを含む電子ビーム露光方法において、

前記ビーム整形工程は、前記複数の電子ビーム要素を、前記単一の電子ビームを整形することにより、各々第1の方向に整列しまた前記第1の方向に対して直角な第2の方向に繰り返し形成される相互に平行な電子ビーム要素の集合よりなる複数の電子ビーム群として、また前記複数の電子ビーム要素の各々が同時に形成されるように形成する工程を含み、その際、異なった電子ビーム群間では、電子ビーム要素が、 N を電子ビーム群の数を表す整数、 M を N より小さい任意の整数として、少なくとも前記第1の方向および第2の方向のいずれか一方の方向に相互に M/N ピッチだけずれていることを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項2】 前記ビーム整形工程は、前記電子ビーム群を構成する電子ビーム要素が、一の電子ビーム群と他の電子ビーム群で前記第1の方向に M/N ピッチずれるように形成することを特徴とする請求項1記載の電子ビーム露光方法。

【請求項3】 前記ビーム整形工程は、前記電子ビーム群を構成する電子ビーム要素が、一の電子ビーム群と他の電子ビーム群で前記第2の方向に M/N ピッチずれるように形成することを特徴とする請求項1記載の電子ビーム露光方法。

【請求項4】 前記ビーム整形工程は、前記電子ビーム群を構成する電子ビーム要素が、一の電子ビーム群と他の電子ビーム群で前記第1の方向および第2の方向に M/N ピッチずれるように形成することを特徴とする請求項1記載の電子ビーム露光方法。

【請求項5】 前記ビーム整形工程は、前記第1の方向に2ピッチの間隔で繰り返される露光ドットよりなる第1の露光ドット列と、前記第1の方向に2ピッチの間隔で繰り返されかつ前記第1の露光ドット列に対して前記第1の方向に1ピッチずれた露光ドットよりなる第2の露光ドット列とが交互に繰り返されるように露光ドットを形成する工程を含むことを特徴とする請求項1記載の電子ビーム露光方法。

【請求項6】 前記露光工程は、前記複数の電子ビーム群の全てにおいて、前記第1の方向に整列した前記複数の電子ビーム要素を前記物体上において前記第2の方向に走査することにより、前記物体上に前記露光ドットより構成される露光ドット列を、前記複数の電子ビーム群の各々に対応して、複数回重複露光する工程を含むことを特徴とする請求項1記載の電子ビーム露光方法。

【請求項7】 前記複数の電子ビーム群に対応して前記露光ドット列を複数回重複露光する工程のうちの少なくとも一つでは、露光される露光ドット列は先に露光された露光ドット列とは異なった露光パターンを有することを特徴とする請求項4記載の電子ビーム露光方法。

【請求項8】 前記異なった露光パターンを有する露光ドット列は、他の露光ドット列とは異なった露光ドット密度を有することを特徴とする請求項7記載の電子ビーム露光方法。

10 【請求項9】 電子ビームを形成し、これを所定光軸に沿って出射させる電子線源手段と；前記所定光軸上に形成され、前記電子ビームを物体上に集束させる集束手段と；前記所定光軸上に形成され、電子ビームを整形して、複数の電子ビーム要素を形成する電子ビーム整形手段と；前記電子ビーム整形手段を制御して、前記複数の電子ビーム要素を所定の露光パターンに従って形成する整形制御手段と；前記整形された複数の電子ビーム要素を偏向させる偏向手段とよりなり、電子ビーム要素により露光パターンを物体上に描画する電子ビーム露光装置

20 において：前記電子ビーム整形手段は、複数の開口部を形成され単一の電子ビームを前記複数の開口部に対応した複数の電子ビーム要素に整形するマスク板と、前記複数の開口部の各々に形成され、前記開口部を通過する電子ビーム要素を偏向させる偏向装置とよりなり；前記整形制御手段は前記偏向装置に露光パターンに従って駆動信号を供給して前記複数の電子ビーム要素を前記所定の露光パターンに従って形成し；前記マスク板上に形成された複数の開口部は、第1の方向およびこれと異なった第2の方向に所定のピッチで配列されて、各々前記第1の方向に延在し前記第2の方向に前記所定ピッチで N 回繰り返される複数の開口部群を形成し；前記各開口部群において、前記各開口部は前記第1の方向に前記所定のピッチで繰り返され、かつ隣接する開口部群中の対応する開口部に対して、 N を前記開口部群の数、 M を N より小さい任意の整数として、前記所定ピッチの M/N の距離だけ前記第1および第2の方向にずらされて形成されており；前記整形制御手段は、前記複数の開口部群に形成された偏向装置の各々に、相互に独立した複数の駆動信号を供給することを特徴とする、電子ビーム露光装置。

40

【請求項10】 前記各開口部群は、各々前記第1の方向に整列した複数の開口部よりなり前記第1の方向に延在するとともに前記第2の方向に繰り返される複数の開口部列を含むことを特徴とする請求項9記載の電子ビーム露光装置。

【請求項11】 前記複数の開口部列は、前記第1の方向に2ピッチの間隔で配列された複数の開口部よりなる第1の開口部列と、前記第1の方向に2ピッチの間隔で配列され、しかも前記第1の開口部列に対して前記第1の方向に1ピッチずれて形成されている複数の開口部よりなる第2の開口部列とを含むことを特徴とする請求項10記載の電子ビーム露光装置。

50

りなる第2の開口部列とを含むことを特徴とする、請求項10記載の電子ビーム露光装置。

【請求項12】 前記整形制御手段は、前記複数の駆動信号のタイミングを所定のタイミングに揃える遅延手段を含むことを特徴とする請求項9記載の電子ビーム露光装置。

【請求項13】 単一の電子ビームを整形して複数の電子ビーム要素よりなる電子ビームパターンを形成するビーム整形工程と、物体上に所定露光パターンを、前記電子ビームパターンを構成する複数の電子ビーム要素の照射により、所定のピッチで配列した露光ドットの集合として描画する露光工程とを含む電子ビーム露光方法において：前記ビーム整形工程は、前記単一の電子ビームを、前記電子ビームパターンに従ってオンオフされる複数の開口部を形成されたマスクを通過させる工程を含み；前記ビーム整形工程は、さらに前記開口部がオンオフされる駆動タイミングを検出するタイミング検出工程と；前記駆動タイミングを所定のタイミングにそろえるタイミング調整工程とを含むことを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項14】 前記ビーム整形工程は、前記複数の電子ビーム要素を、各々第1の方向に整列した前記第1の方向に対して直角な第2の方向に繰り返し形成される相互に平行な電子ビーム要素の集合よりなる複数の電子ビーム群として形成する工程を含み、その際、異なった電子ビーム群間では、電子ビーム要素が、Nを電子ビーム群の数を表す整数、MをNより小さい任意の整数として、少なくとも前記第1の方向に相互にM/Nピッチだけずらされて形成されることを特徴とする請求項13記載の電子ビーム露光方法。

【請求項15】 前記タイミング検出工程は、各々複数の開口部を含み互いに同期してオンオフされる複数の開口部群の各々について前記駆動タイミングを求める工程を含み、前記タイミング調整工程は前記タイミング検出工程で求められた駆動タイミングをメモリに記憶する工程と、前記メモリ中に記憶された駆動タイミングに基づいて最も遅延量の大きい開口部を検索する工程と、前記最も大きい遅延量に合わせて前記複数の開口部群の駆動タイミングを遅延させる遅延工程とよりなることを特徴とする請求項13記載の電子ビーム露光方法。

【請求項16】 前記タイミング検出工程は、各々複数の開口部を含み互いに同期してオンオフされる複数の開口部群の各々について前記駆動タイミングを求める工程を含み、前記タイミング調整工程は前記タイミング検出工程で求められた駆動タイミングを前記所定のタイミングと比較して遅延量を求める工程と、前記遅延量に基づいて前記複数の開口部群の駆動タイミングを遅延させ前記所定のタイミングに一致させる遅延工程とよりなることを特徴とする請求項13記載の電子ビーム露光方法。

【請求項17】 前記タイミング検出工程は、前記開口

部に供給されてこれをオンオフさせる駆動信号のタイミングを検出する工程を含むことを特徴とする請求項13記載の電子ビーム露光方法。

【請求項18】 前記タイミング検出工程は、前記物体上に照射される電子ビームのタイミングを検出する工程を含むことを特徴とする請求項13記載の電子ビーム露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10 【産業上の利用分野】本発明は一般に半導体装置の製造に関わり、特に半導体基板等の物体上に電子ビーム等の荷電粒子ビームにより半導体パターンを描画する際に微妙なパターンサイズ設定が可能な電子ビーム露光方法および露光装置に関する。

20 【0002】電子ビームリソグラフィは集積密度の大きな先端的な半導体集積回路を製造する上で必須の技術である。電子ビームリソグラフィを使うことにより、0.05 μm 以下の幅を有するパターンを0.02 μm 以下のアラインメント誤差で露光することが可能である。このため、電子ビームリソグラフィは256Mビットあるいは1Gビットを超えるような大きな記憶容量を有するDRAM、あるいは非常に強力な演算機能を備えた高速マイクロプロセッサを始めとする将来の半導体装置の製造において中心的な役割を果たすと考えられている。

30 【0003】ところで、かかる半導体装置の製造においては、素子パターンの分解能もさることながら、製造時のスループットが本質的な重要性を持っている。電子ビームリソグラフィでは単一の集束電子ビームを使って描画を行うため、この点で全パターンを一回の露光で行える従来の光露光方法に比べて不利にならざるを得ない。然し、従来の光露光方法は分解能の限界に到達しつつあり、したがって将来の高速・高機能半導体装置の製造においては電子ビーム露光方法に頼らざるをえない事情が存在する。

40 【0004】このような状況下で、電子ビーム露光のスループットを向上させる様々な試みがなされている。例えば、本発明の出願人は先にいわゆるブロック露光方法を提案した。このブロック露光方法では、素子パターンが多数の基本パターンに分解され、電子ビームはこれらの基本パターンに従って整形される。ブロック露光方法は比較的少数の基本的なパターンが繰り返されることが多い半導体メモリ装置の露光に特に適しており、現在約1 cm^2 /秒のスループットが達成されている。

50 【0005】一方、マイクロプロセッサのような、複雑かつ多様な論理回路を含む半導体装置では、ブロック露光方法は露光能率が低下してしまう問題点を有する。これは、ブロック露光方法で形成できるパターンが少数の基本的なパターンの組み合わせに限定されてしまうことに起因している。ブロック露光法で不規則な露光パターンを形成しようとすると、静電あるいは電磁偏向器によ

りいわゆる可変矩形ビームを形成する必要があるが、かかる可変ビーム整形は偏向器の静定時間や制御系の動作速度等に起因して、露光効率が低下してしまう問題点を有する。

【0006】

【従来の技術】このような、複雑かつ多様な論理回路を含む半導体装置の露光を高速で実行するため、描画パターンを小さな露光ドットよりなるドットパターンとして表現し、各ドットを形成する電子ビームをオンオフする、いわゆるブランキングアパーチャアレイを備えた電子ビーム露光装置が提案されている。

【0007】図22はブランキングアパーチャアレイを使った従来の電子ビーム露光装置の概要を示す。図22を参照するに、電子ビーム露光装置は一般に電子ビームを形成しこれを集束させる電子光学系100と、電子光学系100を制御する制御系200とよりなる。電子光学系100は電子ビーム源として電子銃104を含む。一方、電子銃104はカソード電極101と、グリッド電極102と、アノード電極103とを含み、電子ビームを形成してこれを所定の光軸に沿って発散電子ビームとして発射する。

【0008】電子銃104で形成された電子ビームはビーム整形板105に形成されたビーム整形用アパーチャ105aを通して整形される。アパーチャ105aは光軸Oに整合して形成されており、入射電子ビームを矩形断面形状に整形する。

【0009】整形された電子ビームは、電子レンズ107によって、ブランキングアパーチャアレイ(BAA)を形成されたBAAマスク110上に集束され、レンズ107は前記矩形開口の像をBAAマスク110上に投影する。後程図20を参照しながら説明するが、BAAマスク110には半導体基板上に描画される多数の露光ドットに対応して多数のアパーチャが形成され、各アパーチャには静電偏向器が形成されている。この静電偏向器は制御信号Eにより制御され、非励起状態では電子ビームをそのまま通過させるが、励起状態では通過電子ビームを偏向させ、その結果通過電子ビームの方向が光軸Oから外れる。その結果、以下に説明するように、前記半導体基板上には、非励起状態のアパーチャに対応した露光ドットパターンが形成される。

【0010】BAAマスク110を通った電子ビームは電子レンズ108および116を通った後、光軸O上の焦点 f_1 において集束され、その際選択された開口部の像が焦点 f_1 において結像する。こうして集束された電子ビームは、ラウンドアパーチャ板117に形成されたラウンドアパーチャ117aを通った後、別の縮小光学系を形成する電子レンズ119、122により、移動自在なステージ126上に保持された半導体基板123上に集束される。ここで、電子レンズ122は対物レンズとして作用し、焦点補正および収差補正のための補正コ

イル120、121や集束電子ビームを基板表面上で移動させるための偏向器124、125等を含んでいる。

【0011】レンズ108とラウンドアパーチャ板117の間には静電偏向器115が形成されており、偏向器115を駆動することにより電子ビームに経路は板117のラウンドアパーチャ117aを通る光軸Oから外される。その結果、半導体基板上において電子ビームを高速でオン/オフすることが可能になる。また、先に説明したBAAマスク110上のアパーチャにおいて静電偏向器の励起に伴い偏向された電子ビームも前記ラウンドアパーチャ117aを外れるため、半導体基板上に到達することがなく、その結果、前記露光ドットパターンの制御が可能になる。

【0012】かかる露光動作の制御のために、図22の電子ビーム露光装置は制御系200を使用する。制御系200には描画したい半導体装置の素子パターンに関するデータを記憶する磁気テープ装置201や磁気ディスク装置202、203等の記憶装置が含まれる。例えば、図示の例において、磁気テープ201は様々な設計パラメータの記憶に、磁気ディスク202は描画パターンの記憶に、また磁気ディスク203はBAAマスク110のアパーチャ配列を記憶するのに使われるものであってもよい。

【0013】記憶装置に記憶されたデータはCPU204により読み出され、データ圧縮を解除された後インターフェース装置205に転送される。その際、BAAマスク110上のパターンを指定するデータが抽出され、かかるデータはデータメモリ206に記憶される。データメモリ206に記憶されたデータは次に前記制御信号Eを形成する第1の制御回路207に転送され、制御回路207はこれをBAAマスク110上の各アパーチャに対応した静電偏向器に供給する。その結果、先に説明したBAAマスク上の各アパーチャの励起/非励起が制御され、かかる制御により基板123上における露光ドットパターンの制御がなされる。

【0014】また、第1の制御回路207は制御信号をブランキング制御装置210に送り、ブランキング制御装置210はこれに応じて電子ビームの照射を中断させるブランキング信号を形成する。ブランキング信号は次いでD/A変換器211によりアナログ信号SBに変換され、アナログ信号SBは偏向器115を制御して電子ビームを光軸Oから離間するように偏向させる。その結果、電子ビームはラウンドアパーチャ117aを外れ、基板123の表面に到達しなくなる。

【0015】インターフェース装置205はさらに基板123の表面上における電子ビームの移動を制御するデータを抽出し、これを第2の制御回路212に供給する。これに応じて制御回路212は電子ビームを基板123の表面上で偏向させる制御信号を形成し、形成した制御信号を偏向制御回路215に供給する。偏向制御回

10

20

30

40

50

路215は供給された制御信号に応じて偏向制御信号を形成し、これをD/A変換器216および217に供給する。D/A変換器216および217は偏向制御信号に応じて偏向器を駆動する駆動信号SW1およびSW2を形成し、これらを偏向器124, 125に供給して電子ビームの偏向を行う。また、ステージ126の位置はレーザ干渉計214により検出され、ウェハ偏向制御回路215は出力偏向制御信号、従って駆動信号SW1, SW2をレーザ干渉計によるステージ位置の測定結果に従って変化させる。さらに、第2の制御回路212はステージ126を水平面内で移動させる制御信号を形成し、ステージ駆動機構213を介してステージ126を移動させる。

【0016】図23は図22の電子ビーム露光装置で使われるBAAマスク110の構成例を示す。

【0017】図23を参照するに、マスク110は走査方向に約1200 μ mの大きさbを、また走査方向と直交する方向に約3200 μ mの大きさcを有し、マスク110上には、電子ビーム走査方向に対して略直交する方向に延在する複数列のアパーチャ1A₁~1A_n, 1B₁~1B_n, 2A₁~2A_n, ..., 8A₁~8A_n, 8B₁~8B_nが形成される。図中、アパーチャ列1A₁~1A_nを含むアパーチャ列を1A、アパーチャ列1B₁~1B_nを含むアパーチャ列を1B等と表現する。図23のマスクでは、B系列のアパーチャはA系列のアパーチャに対して互い違いになるように、1ピッチだけずらされて形成されている。図示の例では、各アパーチャ列は一辺の大きさSが25 μ m、ピッチ2Sが50 μ mで配列された64個のアパーチャを含み、BAAマスク110上には全部で16列のアパーチャ列1A~8Bが、走査方向への繰り返しピッチが2Sで互いに平行に形成されている。各アパーチャに対応して、半導体基板123上には一辺が0.08 μ mの正方形ドットパターンが描画される。

【0018】従って、かかるブランキングアパーチャアレイを使った従来の電子線露光装置では、個々のアパーチャ列により、電子ビームの走査方向に対して略直交する方向に整列した個々の電子ビームの集合体よりなる、偏平な断面形状を有する電子ビーム群が形成され、かかる偏平な電子ビーム群を前記走査方向に偏向することにより、描画パターンが半導体基板123上に露光ドットパターンの集合体として露光される。その際、各アパーチャを互い違いに配列することにより、同時に照射される電子ビームの間隔が過度に近接することが回避され、電子ビームが相互に近接し過ぎることに起因して発生する電子ビーム間のクーロン相互作用の問題を回避することが可能になる。また、複数形成されたアパーチャ列を使って多重露光を行うことにより、基板上に形成される露光パターンの露光量を任意に調整することが可能になる。その結果、例えば後方散乱電子による近接効果等

の、パターンサイズに依存した露光パターンの変形の問題を、露光量を露光パターンの変形が補償されるように変化させることにより、軽減することが可能になる。

【0019】図24はマスク110上に形成されたアパーチャおよびこれと協働する静電偏向器を示す。

【0020】図24を参照するに、各々の静電偏向器は斜線を施した接地側電極GNDと、アパーチャを隔ててこれに対向する駆動側電極ACTとよりなり、図22のBAA制御回路には、図24中走査方向に整列した各アパーチャ列COL₁, COL₂, COL₃, ..., COL₁₂₈に対応して複数の駆動回路が設けられている。後ほど詳細に説明するように、同一列、例えばアパーチャ列COL₂を構成するアパーチャには、対応する駆動回路から同一の駆動信号が逐次、ビーム走査速度に対応した遅延量だけ遅延して供給され、基板上にはアパーチャ列中の各アパーチャを通った電子ビームにより、前記一辺が0.08 μ mの正方形ドットパターンが繰り返し露光される。かかる露光を行なうため、各列のアパーチャには、対応する駆動回路から別々のラインを介して駆動信号が供給される。図24にはアパーチャ列COL₂におけるかかるラインが記号Lで集合的に示されている。他のアパーチャ列に対応するラインは簡単のため図示を省略してある。

【0021】図25は図23のマスク110により、半導体基板123上に形成される露光パターンの例を示す。図25を参照するに、露光パターンはA系列およびB系列の露光ドットの二次元配列により構成され、各露光ドットは一辺の大きさが0.08 μ mの矩形露光区画として形成される。そこで、前記露光ドットを、BAAマスク110を制御してオン/オフすることにより、大きさが0.08 \times 0.08 μ mの矩形領域を一単位として露光パターンの変形が可能になる。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】図26(A)~26

(E)はかかる多重露光による半導体基板上における露光パターンの変化、特にパターンサイズの変化を示す。図中、横軸は基板123表面上において前記走査方向に直交するように設定された座標軸、縦軸は露光量をあらわす。また、縦軸上の記号THは半導体基板123上に形成された電子線ビームレジストの露光閾値を表す。また、ハッチングを施した領域はBAAマスク110を使った露光が行われることを示す。図中、各矩形領域は先にも説明したように、一辺が0.08 μ mのサイズを有する。

【0023】図26(A)~26(E)の例では、露光時にBAAマスク110上のアパーチャ列1A₁~1A_n, 1B₁~1B_n, 2A₁~2A_n, 2B₁~2B_n, 3A₁~3A_n, 3B₁~3B_n, 4A₁~4A_n, 4B₁~4B_nを第1の群、アパーチャ列5A₁~5A_n, 5B₁~5B_n, 6A₁~6A_n, 6B₁~6

B_n , $7A_1 \sim 7A_n$, $7B_1 \sim 7B_n$, $8A_1 \sim 8A_n$, $8B_1 \sim 8B_n$ を第2の群としてそれぞれ別個に制御し、露光を第1群アパーチャ列と第2群アパーチャ列を使って2回行っている。すなわち、第1群アパーチャ列を使って露光した後、第2群アパーチャ列を使って二重露光がなされる。図中、かかる露光により基板上において実現される露光量プロファイルを実線で示してある。

【0024】図26(A)は、第1群および第2群のアパーチャ列が、位置 P_0 に形成されたエッジを有する同一のパターンを露光するのに使われる場合を示している。図中、説明を簡略化するため、露光に伴う近接効果は省略してある。このように、第1回目の露光と第2回目の露光で同一のパターンが露光される場合には、図中において実線で示す露光量プロファイルはエッジ部分で非常に急峻になり、非常にシャープな露光パターンの境界が得られる。同様に、図26(E)は第1群および第2群のアパーチャ列が、図26(A)の位置 P_0 から $0.08\mu\text{m}$ だけオフセットした位置 P_1 にエッジを有するパターンを露光するのに使われる例を示す。この場合にも、露光量プロファイルがエッジ部分で非常に急峻になり、シャープな境界が得られる。換言すると、図26(A)および26(E)に示す露光工程においては、 $0.08\mu\text{m}$ きざみで露光パターンの大きさを変化させることが可能である。

【0025】一方、かかるブランキングアパーチャレイを使った露光方法では、前記 $0.08\mu\text{m}$ の間隔よりも小さな間隔で露光パターンの大きさを変化させることが望ましい場合が存在する。例えば近接効果を補正する場合等においては、露光パターンのエッジ部分において選択的に露光量を変化させる必要が生じる。図26

(A)～26(E)に示した二重露光方法では、例えば図26(B)に示すように、二回目の露光の際に、パターンエッジから1ドットだけ内側の露光ドットの露光を選択的に抑止することにより、露光パターンのエッジを位置 P_0 から内側に $0.02 \pm 0.02\mu\text{m}$ だけ移動させることが可能である。また、図26(C)に示す例では、二回目の露光時に、パターン最外部においてエッジ部を形成するドットの露光が抑止され、パターンエッジを位置 P_0 から $0.04 \pm 0.01\mu\text{m}$ だけ内側に移動させることが可能である。さらに、図26(D)に示す例では、二回目の露光の際に、パターンエッジから2ドット分の露光を抑止することで、位置 P_0 に対して $0.06 \pm 0.02\mu\text{m}$ だけパターンエッジを変位させている。

【0026】ところが、図26(B)～26(D)の例、特に図26(C)および26(D)の例では、実線で示す実際の露光量プロファイルがパターンエッジ部において図26(A)あるいは26(E)の場合に比べて平坦になってしまい、このためレジスト上に形成される

露光パターンのエッジが不確定になってしまう問題点が存在する。例えば、電子ビームの照射量あるいは半導体基板上のレジストの露光量閾値がわずかでも変動すると、半導体基板上に描画される露光パターンのエッジ位置が大きく変化してしまう。このため、図26(C), 26(D)の例では、パターンエッジの誤差が大きくなっている。一方、先に説明したように、図26(A)および26(E)の例では露光パターンのエッジは非常にシャープに確定する。このため、BAAマスク110を使った図26(A)～26(E)の二重露光方法では、露光パターンのサイズ如何により、基板123上の電子ビームレジスト上に形成される像のシャープネスが変化してしまう問題点が生じる。

【0027】この問題点を解決するため、図23に示すようなBAAマスクを使って露光ドットを基板上にまず形成し、次いでこのように形成された露光ドットよりなる露光パターンの上に、X方向およびY方向に半ピッチだけずれた露光ドットよりなる別の露光パターンを重ねて露光する露光方法が提案されている。かかる多重露光方法によれば、後ほど説明するように、露光精度を低下させることなく、露光パターンのエッジ位置を細かく変位させることが可能になる。しかし、かかる多重露光においては、すでに露光された基板上にもう一回ないしそれ以上、露光を繰り返す必要があるため、露光のスループットが著しく低下してしまう問題点があった。

【0028】また、図23, 24に示すBAAマスク110を使った従来の電子ビーム露光装置においては、各アパーチャによる露光のタイミングがずれた場合に図27に示すように露光パターンのエッジが波打ってしまい、所望の露光パターンが得られなくなってしまう問題点がある。しかも、一般に図22の露光装置を使ってウェハ上に露光を行なう場合には、ウェハ表面を複数のバンドないしセルストライプに分割して露光が実行されるが、このように各アパーチャをオンオフするタイミングがずれるとバンドの境界において露光パターンに食い違いが生じてしまう。

【0029】一般に、かかるアパーチャの露光タイミングを狂わせる要因としては、図24に示すようなマスク110内における個々のラインLの線長の系統的な変化、BAA制御回路209内の駆動回路からマスク110に至る個々の信号線の長さの変化、駆動回路内におけるクロックスキュー等が考えられる。これらの要因は各列内、例えばアパーチャ列COL₂内における走査方向への露光ドットの位置ずれを引起す。このうちマスク内におけるラインLの線長の変化やクロックスキューはせいぜい数十ピコ秒程度の信号遅延を引き起こすだけであり、あまり問題にならない。一方、BAA制御回路209からマスク110に至る線長の変化は制御系200におけるBAA制御回路209の実装状態によっては無視できない場合がある。さらに、先に説明したような、各

アパーチャ列COL₁, COL₂, COL₃・・・でアパーチャを複数の群に分け、個々の群を異なったBAA制御回路209で駆動して微妙なパターンの調整を行なう場合にも、BAA制御回路の実装状態により、露光パターンにずれが生じることがある。

【0030】さらに、図24に示すように、異なったアパーチャ列COL₁, COL₂, COL₃・・・は異なった駆動回路により駆動されるため、個々の駆動回路の特性のばらつきおよびBAA制御回路209の制御系200内における実装状態に起因する露光ドットのずれが生じる可能性がある。かかる露光ドットのずれは、図27に示したような露光パターンのエッジに誤差を引き起こす。従来は、露光されるパターンの精度が余り高くなかったためかかる露光パターンのずれはあまり問題になることがなく、従ってかかる露光ドットのずれを補正しようとする試みがなされることはなかった。しかし、露光精度に対する要求が厳しくなり、また近接効果の補正等、微妙な露光パターンの補正が問題となる先端的な電子ビーム露光装置では、BAA露光の際の露光ドットのずれを何らかの方法で補正する必要がある。

【0031】従って、本発明は、上記の問題点を解決した新規で有用な電子ビーム露光方法および露光装置を提供することを概括的目的とする。

【0032】本発明のより具体的な目的は、ブランキングアパーチャレイを有する電子ビーム露光装置により、物体上にパターンを露光ドットの集合体として露光する露光方法において、露光パターンのサイズを、ブランキングアパーチャレイにより物体上に形成される個々の露光ドットのサイズよりも小さな間隔で変化させることができ、かつ露光パターンのサイズを変化させた場合に露光パターンの精度が実質的に変化せず、さらに効率的に露光を実行できる電子ビーム露光方法、およびかかる電子ビーム露光方法の実施可能な電子ビーム露光装置を提供することにある。

【0033】本発明の他の目的は、露光パターンを露光ドットの集合として形成する際に、露光タイミングのずれに起因して生じる露光ドットの位置ずれをなくした電子ビーム露光方法および装置を提供することにある。

【0034】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の課題を、単一の電子ビームを整形して複数の電子ビーム要素よりなる電子ビームパターンを形成するビーム整形工程と、物体上に所定露光パターンを、前記電子ビームパターンを構成する複数の電子ビーム要素の照射により、所定のピッチで配列した露光ドットの集合として描画する露光工程とを含む電子ビーム露光方法において、前記ビーム整形工程は、前記複数の電子ビーム要素を、前記単一の電子ビームを整形することにより、各々第1の方向に整列しまた前記第1の方向に対して直角な第2の方向に繰り返し形成される相互に平行な電子ビーム要素の集合よ

りなる複数の電子ビーム群として、また前記複数の電子ビーム要素の各々が同時に形成されるように形成する工程を含み、その際、異なった電子ビーム群間では、電子ビーム要素が、Nを電子ビーム群の数を表す整数、MをNより小さい任意の整数として、少なくとも前記第1の方向および第2の方向のいずれか一方の方向に相互にM/Nピッチだけずれていることを特徴とする電子ビーム露光方法により、又は電子ビームを形成し、これを所定光軸に沿って出射させる電子線源手段と；前記所定光軸上に形成され、前記電子ビームを物体上に集束させる集束手段と；前記所定光軸上に形成され、電子ビームを整形して、複数の電子ビーム要素を形成する電子ビーム整形手段と；前記電子ビーム整形手段を制御して、前記複数の電子ビーム要素を所定の露光パターンに従って形成する整形制御手段と；前記整形された複数の電子ビーム要素を偏向させる偏向手段とよりなり、電子ビーム要素により露光パターンを物体上に描画する電子ビーム露光装置において：前記電子ビーム整形手段は、複数の開口部を形成され単一の電子ビームを前記複数の開口部に対応した複数の電子ビーム要素に整形するマスク板と、前記複数の開口部の各々に形成され、前記開口部を通過する電子ビーム要素を偏向させる偏向装置とよりなり；前記整形制御手段は前記偏向装置に露光パターンに従って駆動信号を供給して前記複数の電子ビーム要素を前記所定の露光パターンに従って形成し；前記マスク板上に形成された複数の開口部は、第1の方向およびこれと異なった第2の方向に所定のピッチで配列されて、各々前記第1の方向に延在し前記第2の方向に前記所定ピッチでN回繰り返される複数の開口部群を形成し；前記各開口部群において、前記各開口部は前記第1の方向に前記所定のピッチで繰り返され、かつ隣接する開口部群中の対応する開口部に対して、Nを開口部群の数、MをNより小さい任意の整数として、前記所定ピッチのM/Nの距離だけ前記第1および第2の方向にずらされて形成されており；前記整形制御手段は、前記複数の開口部群に形成された偏向装置の各々に、相互に独立した複数の駆動信号を供給することを特徴とする、電子ビーム露光装置により、又は単一の電子ビームを整形して複数の電子ビーム要素よりなる電子ビームパターンを形成するビーム整形工程と、物体上に所定露光パターンを、前記電子ビームパターンを構成する複数の電子ビーム要素の照射により、所定のピッチで配列した露光ドットの集合として描画する露光工程とを含む電子ビーム露光方法において：前記ビーム整形工程は、前記単一の電子ビームを、前記電子ビームパターンに従ってオンオフされる複数の開口部を形成されたマスクを通過させる工程を含み；前記ビーム整形工程は、さらに前記開口部がオンオフされる駆動タイミングを検出するタイミング検出工程と；前記駆動タイミングを所定のタイミングにそろえるタイミング調整工程とを含むことを特徴とする電子ビーム露光

方法により達成する。

【0035】

【作用】本発明によれば、ドットの集合として表現された露光パターンを多重露光プロセスにより形成する際に、各露光毎に露光パターンがM/Nピッチずつずらされ、その際各露光毎に露光パターンを変化させることにより、露光パターンのエッジ位置を非常に細かく設定することができる。しかも、単一の電子ビームから複数の電子ビーム要素を形成してM/Nピッチずれた複数の露光ドットを同時に露光することにより、露光工程におけるスループットを大きく向上させることが可能になる。

【0036】より具体的に説明すると、露光パターンを、各露光毎にM/Nピッチずつずらすことにより、露光パターンエッジ部における露光量がいずれの露光パターンにおいても急峻に変化するため、露光パターンのエッジ位置を細かく設定するような場合においてもエッジの位置が不確定になるようなことは生じにくい。換言すると、本発明により、露光パターンを、露光精度を犠牲にすることなく非常に細かく変化させることが可能であり、特に近接効果の補正等に伴う露光パターンの変形が正確かつ容易に、またさらに高いスループットで実行可能になる。

【0037】以下、本発明の原理を図1を参照しながら詳細に説明する。図1は開口部列をX方向およびY方向に1/2ピッチずつずらして形成したBAAマスクを使用して二重露光を行った場合に対応する。

【0038】図1を参照するに、第1回目の露光パターンをX₁、第2回目の露光パターンをX₂で表し、各露光パターンX₁、X₂は、各々例えば0.08×0.08μmの大きさを有し図中において実線で示された矩形露光ドットの二次元配列により形成され、各露光ドットをオン/オフすることにより各露光パターンX₁、X₂が露光される。この場合、各露光パターンX₁、X₂において前記矩形露光ドットはXおよびY方向に0.08μmのピッチで繰り返し形成されている。さらに、第1回目の露光パターンX₁と第2回目の露光パターンX₂とでは露光ドットの位置が、半ピッチすなわち0.04μmだけ、XおよびY方向にずらして形成されている。さらに、パターンX₁、X₂の露光が行われる半導体基板上に塗布された電子ビームレジストの感光閾値を適当に設定することにより、レジストの感光が、図1中にハッチングで示した前記露光パターンX₁と前記露光パターンX₂の重複部分においてのみ生じるようにすることができる。

【0039】かかる二重露光プロセスにおいて露光パターンX₁および露光パターンX₂を同一にした場合には、露光パターンが0.08μmきざみで変化することは自明である。一方、本発明では、図1中にハッチングで示した露光領域のエッジを、第1回目の露光パターンX₁と第2回目の露光パターンX₂を別々に変化させる

ことで、前記0.08μmきざみよりも実質的に細かい間隔で変化させることが可能になる。その際、本発明では、図25(A)～25(E)で説明したような、露光パターンが図25(C)、25(D)に示すような特定のパターンサイズで不確定になる問題点が回避され、どのような場合にもほぼ様な露光精度を確保することが可能になる。

【0040】図2(A)～2(C)および図3(D)～3(E)は図1に示す二重露光プロセスにおいて露光パターンX₁、X₂を独立に変化させ、電子ビームレジスト上に二重露光の結果形成される露光パターンの大きさを示した図である。図中、図25(A)～25(E)の場合と同様に、縦軸は露光量をまた横軸は半導体基板上における座標軸を表す。また電子ビームレジストの露光量閾値をTHで示す。また、図中a₁、a₂、・・・は第1回目の露光パターンX₁における露光ドットを、b₁、b₂、・・・は第2回目の露光パターンX₂における露光ドットを表す。また、図2(A)～2(C)および図3(D)～3(E)の各図において、右側に示した図は、前記二重露光に対応して基板上に形成される露光パターンを表す。図中、各露光ドットは互いに離散しているように示してあるが、これは単に図示の都合上の事情によるもので、実際には各露光ドットは隣接する露光ドットに重複して形成されている。

【0041】図2(A)～2(C)および図3(D)～3(E)を参照するに、図2(A)は図1に示した状態に対応しており、同一のパターンが相互にX方向及びY方向に半ピッチずつずらされて露光パターンX₁および露光パターンX₂を形成している。図中、実線はかかる二重露光に伴う露光量プロファイルを表している。但し、図2(A)～2(C)、図3(D)～3(E)において、近接効果による露光量の変化は説明を簡単にするため省略してある。また、露光パターンX₁と露光パターンX₂の露光順序は重要ではなく、露光パターンX₁を先に露光し露光パターンX₂を後に露光しても、またその順序を逆転させても同一の結果が得られる。従って、図2(A)～2(C)、図3(D)～3(E)において、露光パターンX₁、X₂の上下関係を図によっては反転して示している場合があるが、これは露光結果に何等の影響も及ぼさない。

【0042】図2(A)の場合、閾値THに対応して、半導体基板上に形成される露光パターンは位置P₀にエッジを有することがわかる。ただし、位置P₀は露光プロファイルが閾値THを切る点に対応する。これに対し、図2(B)の例では、第1回目露光パターンX₁を構成する露光ドットa₁、a₂、・・・のうち、露光ドットa₂の露光が抑止され、その結果実線で示した露光プロファイルが図2(A)の場合よりもやや内側に、約0.02μmだけ変位した位置に形成されている。その際、露光が抑止される露光ドットa₂に対応する半導体

基板上的領域は、露光ドット b_1 、 b_2 によりそれぞれ半ピッチずつ重複露光されるため、また特に露光ドット a_2 よりもエッジ P_0 に半ピッチ分近い露光ドット b_1 の露光が継続されるため、実線で示した露光プロファイルの形状、特にその傾斜は図2 (A) の場合に比べて余り変化しない。換言すると、図2 (B) における露光プロファイルは露光パターンのエッジ部で急峻な形状を維持し、このため電子ビーム露光量に対して露光量閾値 T_H が少々変動しても半導体基板上に形成される露光パターンのエッジは所定位置から余り大きく変化しない。この場合、露光パターンのエッジは $\pm 0.01 \mu m$ の精度で決定される。

【0043】図2 (C) は、第1回目露光パターン X_1 中の最外部露光ドット a_1 の露光が抑止された場合に対応する露光プロファイル、およびこれに伴い半導体基板上に形成される露光パターンを示す。図2 (C) の場合は露光抑止された露光ドットが最外部の露光ドット a_1 であるため、露光プロファイルの変位量は図2 (B) の場合よりも大きく、位置 P_0 を基準として約 $0.04 \mu m$ になるが、露光ドット a_1 と半ピッチ重複するすぐ内側の露光ドット b_1 の露光が継続されるため、露光プロファイルの形状は平行移動の効果を除けば図2 (A) の場合に対して全く変化せず、露光パターンのエッジ部において急峻な露光プロファイル形状が維持される。すなわち、この場合は図2 (A) と同等の露光精度が確保される。

【0044】図3 (D) は、第1回目露光パターン X_1 中の露光ドット a_1 および第2回目露光パターン X_2 中の露光ドット b_2 の露光が抑止された場合に対応する露光プロファイル、およびこれに伴い半導体基板上に形成される露光パターンを示す。この場合は、露光プロファイルは図2 (C) の場合から約 $0.02 \mu m$ だけ平行移動し、その結果露光パターンのエッジは位置 P_0 から内側に $0.06 \mu m$ 変位する。この場合も露光プロファイルの形状が大きく変化することではなく、 $\pm 0.01 \mu m$ の露光精度を得ることができる。

【0045】図3 (E) は、第1回目露光パターン X_1 中の露光ドット a_1 および第2回目露光パターン X_2 中の露光ドット b_1 の露光を抑止した場合を示す。図3 (E) の露光プロファイルは平行移動すると図2 (A) の露光プロファイルと完全に同一になり、対応する半導体基板上の露光パターンは図2 (A) の場合に比べて内側に $0.08 \mu m$ 変位している。

【0046】図4は図2 (A) ~ 2 (C) および図3 (D) ~ 3 (E) に示す露光プロセスにより達成される露光パターンの半導体基板上におけるエッジ位置の変化を示す。図4中、横軸上の位置Aは図2 (A) に対応し、Bは図2 (B) に対応する。同様に、Cは図2 (C) に対応し、Dは図3 (D) に、またEは図3 (E) に対応する。勿論、図2 (A)、2 (C) および

図3 (E) の場合に露光パターンの精度は最大になるが、本発明の要旨に従って、X方向およびY方向に露光パターンを変位させながら多重露光することにより、図2 (B) ~ 図3 (D) に示すような中間的な露光パターンにおいても露光パターンの精度が犠牲になることがなく、高精度の露光が可能になる。

【0047】本発明においては、図1に示す露光パターンに対応した相互に M/N ピッチずれた複数の電子ビーム要素を同時に形成して基板上的複数の点を同時に露光し、しかも前記複数の点の各々においては前記複数の電子ビーム要素を順次走査することで、1回の電子ビームの偏向走査により相互に M/N ピッチずれた露光ドットを繰り返し露光することができ、高精度の露光を高いスループットで実行することが可能になる。

【0048】また、本発明によれば、ビーム整形マスク上に形成された開口部をオンオフさせる駆動信号のタイミングのずれを補償しているため、駆動信号を伝達する配線の長さが開口部によって変化する場合でも、各々の露光ドットの露光時におけるタイミングがそろい、露光パターンの誤差を極小化することが可能である。

【0049】

【実施例】次に、本発明の実施例を図5のBAAマスク220を参照しながら説明する。このBAAマスク220は、図22の電子ビーム露光装置において、BAAマスク110の代わりに露光ドットパターンを形成するために使用される。あるいは、マスク220は後ほど図14に関連して説明する電子ビーム露光装置に適用することも可能である。

【0050】図5を参照するに、マスク220はマスク110と同様なピッチ $2S$ で互い違いに配列された開口部より構成される開口部列 $1A, 1B, 2A, 2B, \dots, 8A, 8B$ を有し、このうち開口部列 $1A \sim 4B$ および開口部列 $5A \sim 8B$ がそれぞれ第1および第2の開口部列のグループ EX_1, EX_2 を形成する。ただし、図5のマスク220では、第1のグループ EX_1 を構成する開口部 $1A_1, 1A_2, \dots, 4B_{n-1}, 4B_n$ と、第2のグループ EX_2 を構成する開口部 $5A_1, 5A_2, \dots, 8B_{n-1}, 8B_n$ とは、図5に破線で示したグループ EX_1 とグループ EX_2 の境界部においてX方向およびY方向に相互にそれぞれ半ピッチすなわち S だけずらされており、これに伴ってグループ EX_1 の開口部群で形成された電子ビーム群はグループ EX_2 の開口部群で形成された電子ビーム群に対してXおよびY方向に距離 S だけ離れて形成される。各々の開口部は勿論対応する偏向器を備えており、グループ EX_1 の開口部群とグループ EX_2 の開口部群の偏向器を独立に制御することにより、図2 (A) ~ 2 (C) および図3 (D) ~ 3 (E) に示す二重露光プロセスを実行することが可能になる。

【0051】 典型的な場合、図5のBAAマスクの各グループEX₁、EX₂において、各開口部群は共通の駆動信号により駆動される。より具体的に説明すると、例えば図22に示す基板123上に露光パターンを形成する場合、図5に示す開口部は全て同時にそれぞれの駆動信号により駆動されており、各瞬間毎に基板123上には、オンになった開口部に対応した露光ドットパターンが形成される。例えば、図5のマスク220上の全ての開口部がオン（すなわち電子ビームを通過させる状態）になっている場合、マスク220上の開口部に対応する露光ドットパターンが縮小されて基板123上に形成される。さらに、電子ビーム要素をY方向に1ドットづつ順次偏向させて送り、6ドット分偏向した状態で、先に開口部1A₁からの電子ビーム要素で露光された基板上の露光ドット上に、今度は開口部列2A中の対応する開口部からの電子ビーム要素により、露光ドットを重複して露光する。このようにして、基板123上の各点では、開口部列1A～4Aあるいは開口部列1B～4Bからの電子ビーム要素により露光ドットが順次多重露光された後、さらに開口部列5A～8Aあるいは5B～8Bに対応した露光ドットが順次、XおよびY方向に半ピッチずれて形成される。その際、各点において、開口部群EX₁と開口部群EX₂で駆動信号を変化させることで、先に図2(A)～2(C)、図3(D)、3(E)において説明した、精密なパターンエッジの位置決定が可能になる。

【0052】 図5のマスクでは、各開口部列1A～8A、1B～8B中の各開口部で同時に電子ビームが形成されているため、上記の重複露光は実際には基板123表面上の複数の点（図5の例では16×n個の点）で同時に実行されており、このためY方向に繰り返し重複露光して図2(A)～2(C)、図3(D)、3(E)に示す効果を得るような場合に対しても非常に優れたスループットを得ることが可能になる。

【0053】 図6(A)～6(D)は本発明を主露光パターンに対して適用した例を示す。図中、露光パターンは露光ドットAとこれに対して半ピッチずれた露光ドットBにより形成され、このうち図6(A)の例では5行5列に配列された計25個の露光ドットAに重畳して4行4列に配列された計16個の露光ドットBが露光される。これに対し、図6(B)の例では、4行4列に配列された計16個の露光ドットBに重複して3行3列に配列された計9個の露光ドットAが重畳され、その結果図6(A)の場合よりも1ピッチだけ内側にずれた境界線を有する露光パターンが形成される。図6(C)の場合は境界線がさらに内側に1ピッチずれている。

【0054】 これに対し、図6(D)の例では5行5列の配列の露光ドットAに重畳して露光される4行4列の露光ドットBのうち、4ドットの露光を選択的に抑止した例を示しており、このように露光ドットBの露光を抑

止することにより露光パターンの境界線を1ピッチよりも細かいピッチで変化させることが可能になる。

【0055】 図7は本発明の第2実施例による露光マスク220'を示す。

【0056】 図7を参照するに、露光マスク220'は複数列の開口部群A～Dを含み、各開口部群中においては各開口部は相互に1ピッチずれた2列の開口部列、例えば開口部列A₁およびA₂、B₁およびB₂、・・・として形成される。さらに、開口部群Aの開口部列と、これに隣接する開口部群Bの対応する開口部列、例えば開口部列A₁を形成する開口部と開口部列B₁を形成する開口部列とは、XおよびY方向に1/4ピッチずつずらされている。同様な関係は開口部列A₂とB₂、B₁とC₁、B₂とC₂等についても成立している。すなわち、一般にN列の開口部群を有する露光マスクにおいては、一の開口部群中の開口部とこれに隣接する開口部群中の対応する開口部とはXおよびY方向に、MをNより小さい任意の整数としてM/Nピッチだけずらされる。

【0057】 図8(A)～8(E)は図7のマスク220'を使った露光例を示す。このようにして、露光ドットの露光を選択的に抑止することにより、前記図2、3(A)～3(E)において説明したような露光エッジ位置の微調整が可能になる。例えば、図8(B)の例では露光パターンのエッジ位置は図8(A)のものに対して内側（図中左方向）に0.01±0.05ミクロン変位する。これに対し、図8(C)の例では、露光パターンのエッジは図8(A)のものに比べて左側に0.02ミクロンずれている。図8(C)の場合、エッジ位置は図8(A)の場合と同じ精度で決まる。図8(D)の例では、パターンエッジは図8(A)の場合に比べて左側に0.07±0.005ミクロン変位しており、さらに図8(E)の例ではパターンエッジは図8(A)の場合に対して左側に0.08ミクロン変位しており、その際のエッジ位置精度は図8(A)、8(C)の場合と同等で、最も高い。さらに、図7のマスクでは、図8(A)～8(E)に示した以外にも露光パターンの組み合わせが可能である。

【0058】 次に、本発明の第3実施例によるBAAマスクの構成を図9を参照しながら説明する。

【0059】 図9を参照するに、本実施例によるBAAマスクは、各々XおよびY方向に互いに1ピッチずれてX方向に延在する2列の開口部列より構成される複数の開口部群A、B、C、Dを含み、開口部群Aと開口部群Bでは、開口部がX方向に半ピッチずらされている。より具体的に説明すると、開口部群Aを構成する開口部はXおよびY方向に互いに1ピッチずれた開口部A₁と開口部A₂により構成され、開口部A₁と開口部A₂はそれぞれX方向に延在する2本の開口部列を形成する。同様に、開口部群BはそれぞれX方向に延在する2本の開口部列を形成する開口部B₁と開口部B₂とにより構成

され、開口部B₁は開口部A₁に対してX方向に1/2ピッチだけずらされている。また、開口部B₂も対応する開口部A₂に対してX方向に1/2ピッチだけずらされている。

【0060】同様に開口部群CはX方向に整列した2本の開口部列を形成する開口部C₁、C₂より構成され、また開口部群DはX方向に整列した2本の開口部列を形成する開口部D₁、D₂より構成され、その際各々の開口部C₁は開口部群A中に対処する開口部A₁に対してY方向に1/2ピッチずらされている。同様に各々の開口部C₂は開口部群A中にある対応する開口部A₂に対してY方向に1/2ピッチずらされている。さらに、開口部群D中の開口部D₁は対応する開口部A₁に対してXおよびY方向に1/2ピッチだけずらされて、また開口部D₂も対応する開口部A₂に対してXおよびY方向に1/2ピッチだけずらされている。

【0061】図10(A)、10(B)は図9のマスクを使って基板上に描画される露光ドットパターンを示す。図中、露光ドットA~DはそれぞれBAAマスク上の開口部群A~Dに対応する。図10(B)に詳細に示すように、図10(A)の各々の露光ドットA~Dは相互に半ピッチだけずれて重複形成されており、各開口部群で露光パターンを変化させることにより、微妙なパターンエッジの調整が可能になる。特に、図9のマスクを使うと、図10(A)、(B)に示したように、図7のマスクを使って基板上に露光ドットを重複露光する際に露光ドットが例えば左上から右下に斜めに配列する等の問題点が解消し、露光パターンが何れかの方向に延在しても高精度な露光が可能になる。

【0062】図11(A)~11(E)は図9に示したマスクを使って図2(A)~2(C)および図3(A)、3(B)と同様な多重露光を行なった場合の例を示す。

【0063】図11(A)は基準パターンを示し、開口部群A~Dに対処して基板上に露光1~露光4が重複して実行される。図11(A)の基準パターンでは開口部群A~Dが同一のパターンで駆動され、その結果図11(A)の右に示すように基板上には基準位置P₀においてシャープなパターンエッジが形成される。一方、図11(B)の例では、開口部群Aの露光パターンを変化させることにより露光1においてエッジ直近の露光ドットの形成が抑止され、その結果露光エッジは図中左方向に0.01μmだけずれる。また、図11(C)の例では開口部群Bの露光パターンのみが変化され、その結果露光パターンエッジが図中左方向にさらに0.01μmだけずれる。図11(D)の例では開口部群Aと開口部群Dの露光パターンが変化され、その結果露光パターンエッジは図中左方向にさらに0.01μmだけずれる。さらに、図11(E)では開口部群A~Dの全てにおいて露光パターンが変化され、露光パターンエッジ

は左方向にさらに0.01μmずれる。

【0064】このように、本実施例によれば、図2

(A)~2(C)および図3(D)~3(E)で説明した場合よりもより細かいステップで露光パターンエッジ位置を調整することが可能になる。その際、例えば図11(B)~11(D)のような中間的なパターンにおいてもエッジ位置が不確定になる問題は生じない。

【0065】図12(A)~12(C)は本発明による露光パターンの微調整を近接効果補正に対して適用した場合の例を示す。図中、図12(B)は主露光パターンの露光を、また図12(A)は近接効果により微小パターンあるいは大面積パターンの周辺部で生じる露光量の減少を補うために実行される補助露光を示し、図12(C)は実際に半導体基板に対してなされる露光を示している。このような補助露光においては、図12(C)に示すように微小なパターンに正確に重ねて、あるいは露光パターンエッジ部に対して選択的に露光を行う必要があるため、露光パターンの精密な制御が必要になる。本発明をこのような補助露光に適用することにより、効果的な近接効果の補正が可能になる。

【0066】図13(A)~13(C)は、図5のBAAマスク220を使って近接効果補正を1回の電子ビーム走査で実行することにより、電子ビーム露光のスループットを向上させた例を示す。

【0067】図13(A)~13(C)を参照するに、図13(A)はマスク220を使って行われる主露光の結果を表す。この露光では主露光パターンに従って個々の露光ドットの露光が行なわれ、図13(A)は個々の露光ドットによる露光量の合計を示している。かかる露光を行なうと、周知の近接効果により、バックグラウンド露光量がパターン密度に比例して増大し、このため、図中左の孤立パターン(パターン密度最小)ではバックグラウンド露光量は殆どゼロなのに対し、図中右の連続パターン(パターン密度最大)では実際に照射した露光量とほぼ同量のバックグラウンド露光が生じている。また、中央の中間的なパターンでは、中間的なバックグラウンド露光が生じている。

【0068】かかる、パターン密度に伴う露光量の変化を補償するために、従来より、主露光パターンに重ねて、実質的に同一の補正露光パターンを、合計の露光量が各パターンでほぼ一定になるように行う露光方法が提案されている。図13(B)はかかる補正露光をあらわし、図中左の孤立パターンに対しては同一の孤立パターンが主露光の場合と同一の露光量で重ねて露光される。また、図中右の連続パターンでは露光量が実質的にゼロにされ、補正露光は実質的になされない。さらに、中間のパターンでは、そのパターン密度に応じた中間的な露光量で補正露光がなされ、その結果図13(C)に示す合計の露光量はどの露光パターンでもほぼ同じになっている。かかる中間的な露光量は、補正露光を行なう際に

露光ドットの密度を粗にすることで得られる。かかる近接効果補正方法では、図13(C)に破線で示す露光しきい値で現像を行った場合に、一律に補正露光を加えた場合よりも広がり少ない、高精度な露光パターンを得ることが出来る。

【0069】本発明では、主露光パターンに補助露光パターンを重ねる際に、図5に示したBAAマスク220を使って高精度な補助露光が可能である。また、従来は図9(A)の露光を行った後で図13(B)の露光を再び行わなければならないのに対し、本発明では、図5のマスク220を使うことにより、例えば図13

(A)のパターンを開口部群EX₁で実行した直後に図13(B)のパターンを開口部群EX₂を使って実行することが可能になり、主露光とこれに続く補助露光とを効率よく実行することが可能になる。

【0070】図14は本発明を実施するための電子ビーム露光装置の構成を示す。

【0071】図14を参照するに、電子ビーム露光装置は電子光学系100としてBAAマスク220または220'を使用する他は、図22に示した従来の電子ビーム露光装置と同様の構成の電子光学系を有し、BAAマスク中の各開口部に対応して形成されている静電偏向器defが、対応する駆動回路301₁～301_Nを含む駆動部300により駆動される。例えば、図5に示すように各開口部列1A、1B、・・・に128個の開口部が含まれしかも各開口部列が相互に半ピッチずれた二つの開口部群より形成されているようなBAAマスクを使用する場合、駆動部300は128×2個の駆動回路を含み、各駆動回路が対応する開口部の静電偏向器を駆動する。これに対し、図6に示すBAAマスクを使う場合には、128×4個の駆動回路が駆動部300として使用される。一般に、各開口部列が、相互にM/NピッチずれたN群の開口部を含む場合、駆動部300は128×N個の駆動回路により形成される。各駆動回路301₁～301_NはD/A変換器およびアナログアンプを含む。

【0072】さらに、各駆動回路に対応してBAAデータ生成回路302₁～302₁₂₈をN列形成されたBAAデータ格納及び出力部302が設けられ、各BAAデータ生成回路302₁～302₁₂₈にはバスを介してデータ展開部303から露光データが供給される。データ展開部303は前記相互にM/NピッチずれたN群の開口部に対応したN組のデータ処理ユニット303₁～303_Nにより構成され、各データ処理ユニット、例えばユニット303₁は、CPU304を介して、あるいは直接に、例えば図22に示した外部記憶装置201より露光データを供給されるバッファメモリ303aと、バッファメモリ303aから露光データを供給されてこれを各開口部列毎の露光パターンに展開するデータ展開回路303bと、展開された露光パターンを記憶するキャ

ンバスメモリ303cとにより構成される。データ展開部303の構成は後ほど詳細に説明する。さらにデータ展開部303には電子ビームが集束される際に生じるクーロン反発力による焦点距離のずれを補正するためのリフォーカス制御回路303dが設けられる。リフォーカス制御回路303dの構成および作用は本発明の要旨に関わらないので、その説明を省略する。

【0073】CPU304は露光制御装置305を制御し、一方露光制御装置305は図21に示した偏向回路215に対応した主偏向駆動回路306および副偏向回路307を制御し、主偏向器および副偏向器124、125を駆動して電子ビームを基板123上で偏向させる。主偏向駆動回路306は歪み補正回路306aを含み、補正回路306aはフォーカス・スティグ補正回路310介して収差等の補正を行なう。さらに、CPU304は図14のステージ移動機構に対応するステージ移動機構308およびオートローダ309を制御する。

【0074】図15は、CPU304からデータ展開部303のバッファメモリ、例えばバッファメモリ303aに供給される露光パターンの例を示す。図15を参照するに、白丸は露光ドットを表し、白丸の集合により露光パターンPが表現される。図中、露光パターンPは縦方向に延在する複数のセルストライプに分割され、一方各セルストライプは横方向に整列した128個の露光ドットの集合によるビットラインより形成されている。典型的な場合、セルストライプは長手方向に約100μm、横手方向に約10μmのサイズを有する。

【0075】図16はデータ展開部の構成を、データ処理ユニット303₁を例に説明するための図である。

【0076】図16を参照するに、外部記憶装置から供給される露光データはパターン形状をあらわす形状データOPと、X方向およびY方向の始点をあらわす始点データX₀、Y₀と、X方向に延在するパターンの大きさを表すデータX₁と、Y方向に延在するパターンの大きさを表すデータY₁とよりなり、このうち、形状データOPは直接に展開部中の制御装置317とブロックパターンライブラリ319に、また始点データY₀は同じくデータ展開部中のアドレスカウンタ303dに供給される。一方、始点データX₀はビットマップデータシフタ312に供給され、さらに長さデータX₁がブロックパターンライブラリ319に供給される。

【0077】ブロックパターンライブラリ319から読み出された長さデータX₁はレジスタ311に保持された後ビットマップデータシフタ312に供給され、始点データX₀に基づいて原点が移動される。このようにして形成された1ライン分のビットマップデータは出力レジスタ313に保持される。

【0078】出力レジスタ313に保持されたビットマップデータは、ついで加算器314および減算器315に供給され、キャンバスメモリ303cに既に書き込ま

れている露光パターンビットマップデータのうち、対応するビットラインのビットマップデータに対して加算あるいは減算される。その結果露光ドットが既に蓄積されている露光パターンビットマップに対して追加されたり削除されたりする。加算器314および減算器315のいずれを使うかの制御はデータ展開部303中の制御装置317により、形状データOPにもとづいてなされる。また、形状データOPによっては、加算および減算のいずれもなされない場合もある。このようにして処理された1ビットライン分のビットマップデータはOR回路316において処理された後、メモリ書込み用のレジスタ318を経てキャンバスメモリ303c中の、アドレスカウンタ303dで指定されたアドレスに記憶される。このアドレスは、先に説明した始点データ Y_0 から開始されるアドレスの $(Y_0 + \Delta Y, \Delta Y < Y_1)$ に対応する。また、制御装置317は図13の露光制御装置305によって制御され、形状データOPに基づいてキャンバスメモリ303c、書込みレジスタ318、加算器および減算器314、315を制御する。

【0079】本発明では、図14に示したように図16の構成のデータ展開装置303₁～303_Nが、BAAマスク220あるいは220'上に相互にM/Nピッチシフトして形成されたN群の開口部群に対応してN個設けられ、図2、3(A)～(E)、あるいは図7(A)～(E)、あるいは図10(A)、(B)に示した露光が可能となる。

【0080】次に、本発明の第4実施例を図17を参照しながら説明する。本実施例は先に図27を参照して行なったBAA露光の際の露光ドットのタイミングのずれ、およびこれに伴う露光パターンの誤差を修正することを目的とする。

【0081】図17を参照するに、BAAデータ生成回路302₁～302₁₂₈は発振器302xから供給されるクロックにより駆動され、また各々のBAAデータ生成回路に対応して遅延回路302dが設けられる。遅延回路302dは制御回路302cの出力により制御され、一方制御回路302cはメモリ302mと協働し、対応するBAAデータ生成回路の出力を、メモリ302m中にBAAマスク220上の各々のアパーチャに対応して記憶された遅延量だけ遅延させる。先の実施例で説明したように、マスク220上には実際には相互に1/2ピッチずれたアパーチャ群が形成されているが、図17では簡単のため一方のアパーチャ群のみを示す。さらに、これら二つのアパーチャ群に対応して前記BAAデータ生成回路302₁～302₁₂₈も2群設けられる。また、図7あるいは図9の実施例におけるようにN群のアパーチャ群が形成される場合には、BAAデータ生成回路302₁～302₁₂₈およびこれに対応する遅延回路302dもN群設けられる。

【0082】ここで、メモリ302mはBAAマスク2

20上の各々のアパーチャに対応した遅延量を全て記憶しても良いが、先にも説明したように、露光タイミングの遅延は主に個々のBAAデータ生成回路に伴う配線の配線長に起因して発生しているため、マスク220上のアパーチャを、同一のBAAデータ生成回路により駆動される複数のアパーチャを含むアパーチャ群にわけ、メモリ302m中には各々のアパーチャ群ごとに駆動信号の遅延量を記憶するのが好ましい。先にも説明したように、回路302₁～302₁₂₈におけるクロックのスキューは数十ピコ秒程度で無視してよく、またBAAマスク220内における配線の線長による露光タイミングのずれも数ピコ秒程度であるので無視してよい。これに対し、各BAAデータ生成回路302₁～302₁₂₈からBAAマスク220に至る信号路の線長は回路302₁～302₁₂₈の実装状態により1m程度の範囲で変化することがあり、このような場合には10n秒程度の遅延が露光タイミングに生じることがある。一般に、信号路の線長による遅延は10n秒/m程度である。また図14においてBAAデータ生成回路302₁～302₁₂₈とBAAマスク220との間にD/A変換器301が設けられている場合でも事情は同じである。

【0083】本実施例による露光装置を動作させる場合、まず制御回路302cは各々の遅延回路302dを制御して、対応するBAAデータ生成回路302₁～302₁₂₈から出力される駆動信号を、遅延回路302dによる遅延を含まない状態でBAAマスク220上の各アパーチャに供給する。さらに、前記同一のBAAデータ生成回路で駆動されるBAAアパーチャ群の各々における駆動信号のタイミングを遅延検出回路302fが検出し、得られたタイミングを表すデータを前記メモリ302mに、BAAアパーチャ群の各々に対応して記憶させる。次に、前記制御回路302cは各々のアパーチャ群における駆動信号のタイミングを読み出して最も遅延量の大きいアパーチャ群におけるタイミングを基準に、各アパーチャ群の遅延量を計算し、これを再びメモリ302fに記憶させる。

【0084】次に、実際の露光を行なう際に、前記制御回路302cは、前記遅延回路302dの各々を、各々のアパーチャ群における駆動信号のタイミングが前記最も遅延量の大きいアパーチャ群のタイミングに一致するように制御する。

【0085】図18は上記の動作に対応するフローチャートを示す。

【0086】図18を参照するに、ステップS1でパラメタIが1に初期化され、次にBAAデータ生成回路302i(今の場合302₁)が駆動される。さらにステップS3で、前記BAAデータ生成駆動回路302iにより一斉に駆動されるアパーチャ群における駆動信号のタイミングTiが、前記遅延検出回路302fにより検出され、これがメモリ302mに記憶される。さらに、

ステップS4, S5により、上記プロセスが全てのBAAデータ生成回路302₁～302₁₂₈について実行される。

【0087】さらに、ステップS6においてメモリ302m中に記憶されたタイミングT_iのうち、最大の遅延量T_{MAX}を有するものが検索される。

【0088】次に、ステップS7において、パラメタIが再び1に初期化され、ステップS8において遅延量ΔT_iが前記遅延量T_{MAX}を基準にして計算される。さらに遅延量ΔT_iはステップS9でメモリ302mに記憶され、ステップS10, S11を実行することにより、全てのBAAデータ生成回路302₁～302₁₂₈について遅延量ΔT_iが前記メモリ302m中に記憶される。さらに、ステップS11においてメモリ302m中に記憶された遅延量ΔT_iに基づいて、前記BAAマスク220上において前記BAAデータ生成回路302₁～302₁₂₈からの駆動信号のタイミングがそろうように各遅延回路302dの遅延量が設定される。

【0089】図19は図17の回路において使われる遅延回路302dの例を示す。

【0090】図19を参照するに、遅延回路302dは各々異なった遅延量を与える遅延要素302d₁～302d_nと、前記遅延要素の一つを選択するスイッチSWとにより構成され、前記スイッチSWは前記制御回路302cの出力制御信号に応じて一の遅延要素を選択する。かかる遅延要素302d₁～302d_nは最大で数十nm秒程度の遅延を与えるものであるのが好ましい。

【0091】図20は図17の回路において使われる遅延回路302dの別の例を示す。

【0092】図20を参照するに、遅延回路302dは各々所定の遅延量を有する遅延要素302d₁'～302d_n'と、前記遅延要素のうちの選択されたものを直列接続するスイッチSW'とよりなり、スイッチSW'は前記制御回路302cからの出力制御信号に応じて所定数の遅延要素を直列接続し、所望の遅延量を入力信号に対してあたえる。遅延回路302dの構成および動作は図20から明らかであり、これ以上の説明を省略する。

【0093】次に、本発明の第5実施例を図21を参照しながら説明する。

【0094】本実施例では、図17に示した遅延検出回路302fの代わりにステージ126上に設けられたマルチチャネルプレート等の高速電子検出器126aを使い、BAAデータ生成回路302₁～302₁₂₈から出力された駆動信号によりマスク220上のBAAアパーチャがオンオフされる結果ステージ126に到達する電子ビームを検出する。電子検出器126aは電子ビームの到来に応じてパルス信号を発生し、これをメモリ302mに供給する。その際、BAAデータ生成回路302₁～302₁₂₈は逐次駆動され、メモリ302mは電子

ビームの到来タイミングを、各BAAデータ生成回路302₁～302₁₂₈に対応して記憶する。次に、前記制御回路302cは各々のBAAデータ生成回路302₁～302₁₂₈について電子検出器126で検出した駆動信号のタイミングを読み出して、最も遅延量の大きいBAAデータ生成回路におけるタイミングを基準に、各BAAデータ生成回路の遅延量を計算し、これを再びメモリ302fに記憶させる。実際の露光を行なう際には、前記制御回路302cは、前記遅延回路302dの各々を、各々のBAAデータ生成回路における駆動信号のタイミングが前記最も遅延量の大きいアパーチャ群のタイミングに一致するように制御する。ただし本実施例では、遅延回路302dは駆動信号そのものではなく、BAAデータ生成回路302₁～302₁₂₈の動作タイミングを与えるクロックを遅延させるように設けられている。上記動作は実質的に図18で説明したフローチャートと同じであり、より詳細な説明は省略する。

【0095】本実施例によれば、BAAマスク220による電子ビームのオンオフのタイミングを実際に測定することができ、このためより高精度で信頼性の高い制御が可能になる。また、図示は省略するが、図17あるいは21の構成においてメモリ302mを省略し、制御回路302cにおいて各検出信号のタイミングを所定の基準タイミングと比較してその差を求め、これに応じて遅延回路302dの遅延量を設定するように構成してもよい。

【0096】さらに、本実施例によるBAA露光のタイミング調整は、図5、図7あるいは図9に示した1/Nピッチずれたアパーチャ群を有するBAAマスクに限定されるものではなく、図23に示した従来のBAAマスク110に対しても適用可能である。

【0097】さらに、本発明は上記の実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨内において様々な変形、変更が可能である。

【0098】

【発明の効果】本発明によれば、BAAマスク上に相互にM/NピッチだけずれたN群の開口部群を形成し、各開口部群を独立に制御して半導体基板上に相互にM/NピッチだけずれたN群の露光ドットよりなる露光パターンを多重露光により形成することにより、露光パターンのエッジ位置を高精度で変化させることが可能になり、その際特定の多重露光パターンで露光精度が低下するような問題は生じない。また、BAAマスク220上のアパーチャを駆動する駆動回路の各々に対応して遅延回路を設けることにより、BAAアパーチャの駆動タイミングをそろえることが可能になり、微妙で微細なパターンを高精度で露光することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理を説明する図である。

【図2】(A)～(C)は本発明の作用を説明する図

(その一)である。

【図3】(D), (E)は本発明の作用を説明する図(その二)である。

【図4】本発明による多重露光で達成される高精度での露光エッジの変位を示す図である。

【図5】本発明の第1実施例によるBAA露光マスクを示す図である。

【図6】(A)~(D)は本発明を矩形パターンの精密露光に対して適用した例を示す図である。

【図7】本発明の第2実施例によるBAA露光マスクを示す図である。

【図8】(A)~(E)は図7の露光マスクを使った露光例を示す図である。

【図9】本発明の第3実施例によるBAAマスクの構成を示す図である。

【図10】(A), (B)は図9のマスクを使って基板上に露光される露光パターンを示す図である。

【図11】(A)~(E)は図9のマスクを使った基板上の露光パターンのエッジ位置の微調整を示す図である。

【図12】(A)~(C)は本発明を近接効果の補正に対して適用した例を示す図である。

【図13】本発明を近接効果の補正に対して適用した別の例を示す図である。

【図14】本発明で使用する電子ビーム露光装置の構成を示す図である。

【図15】図14の露光装置で露光される露光パターンの例を示す図である。

【図16】図14の露光装置中のデータ展開部の構成を示す図である。

【図17】本発明の第4実施例の構成を示すブロック図である。

【図18】図17の構成による露光動作を示すフローチャートである。

【図19】図17の回路において使われる遅延回路の構成を示す図である。

【図20】図17の回路において使われる遅延回路の構成の別の例を示す図である。

【図21】本発明の第5実施例の構成を示すブロック図である。

【図22】従来の電子ビーム露光装置の構成を示す図である。

【図23】図22の電子ビーム露光装置で使われているBAAマスクの構成を示す図である。

【図24】図23のマスクの詳細な構成を示す図である。

【図25】図23のマスクにより半導体基板上に露光される露光パターンを示す図である。

【図26】(A)~(E)は図23のマスクを使った露光において生じる問題点を説明する図である。

【図27】図23, 24に示すマスクを使って露光した場合に生じる露光タイミングのずれを示す図である。

【符号の説明】

X₁ 第1の露光パターン

X₂ 第2の露光パターン

a₁~a₆, a~d 露光ドット

b₁~b₅ 露光ドット

P₀~P₄ 露光エッジ位置

TH 現像閾値

EX₁, EX₂, A, B, C, D 開口部群

1A, 1B, 2A, 2B, ..., 8A, 8B, A₁,

A₂, ..., D₁, D₂ 開口部列

1A₁~1A_n, 1B₁~1B_n, ... 開口部

100 電子光学系

101 カソード

102 グリッド

103 アノード

104 電子銃

105 アパーチャプレート

20 105a ビーム整形用アパーチャ

107, 108, 116, 119 電子レンズ

110, 220, 220' BAAマスク

122 対物レンズ

123 基板

124, 125 偏向器

126 ステージ

126a 電子検出器

200 露光制御系

201~203 記憶装置

30 204 CPU

205 インターフェース

206 メモリ

207, 209, 210, 212, 215 制御回路

214 レーザ干渉計

215 ステージ移動機構

211, 216, 217 駆動回路

301 駆動回路群

302₁~302₁₂₈ BAAデータ出力群

302c 制御回路

40 302d 遅延回路

302f タイミング検出回路

302m メモリ

302x クロック発生器

303 データ展開部

304 CPU

305 露光制御装置

307 副走査制御装置

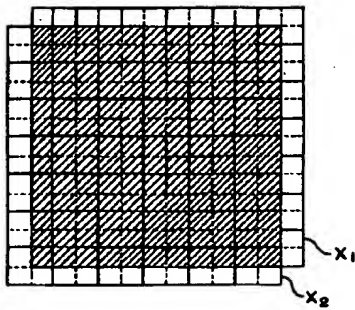
308 主走査制御装置

308 ステージ制御装置

50 309 オートローダ

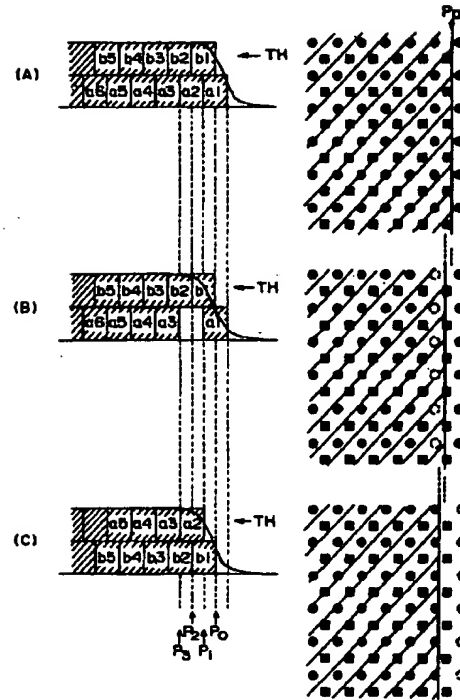
【図1】

本発明の原理を説明する図



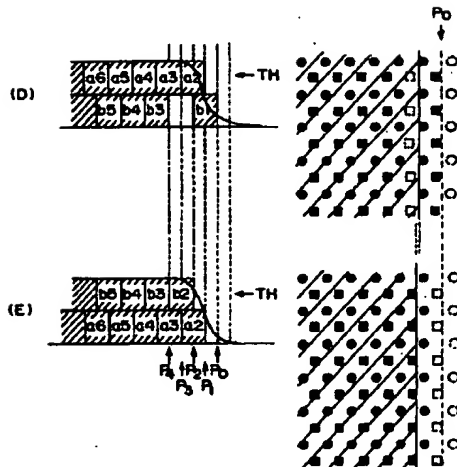
【図2】

本発明の作用を説明する図（その一）



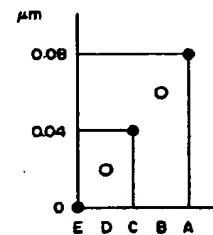
【図3】

本発明の作用を説明する図（その二）



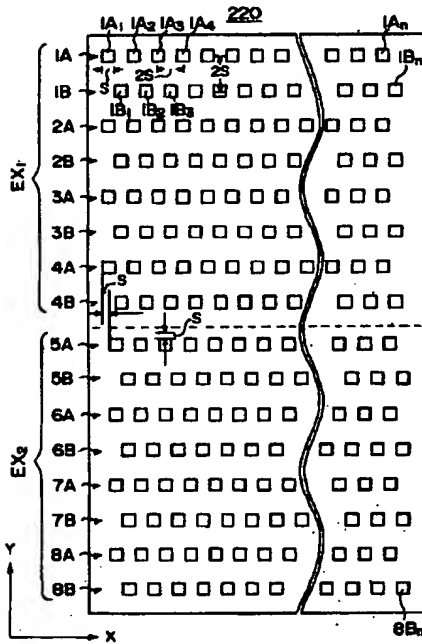
【図4】

本発明による多重露光で達成される高精度での露光エッジの変位を示す図



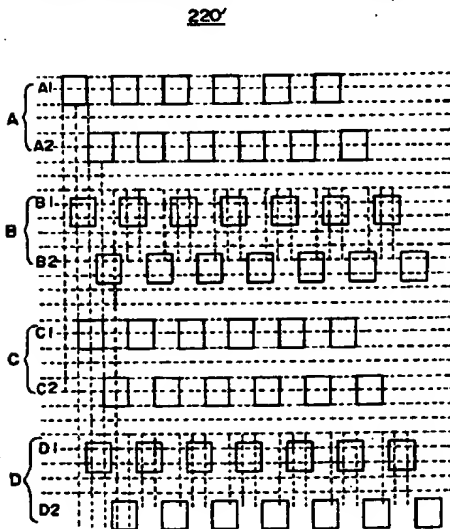
【図5】

本発明の第1実施例によるBAA露光マスクを示す図



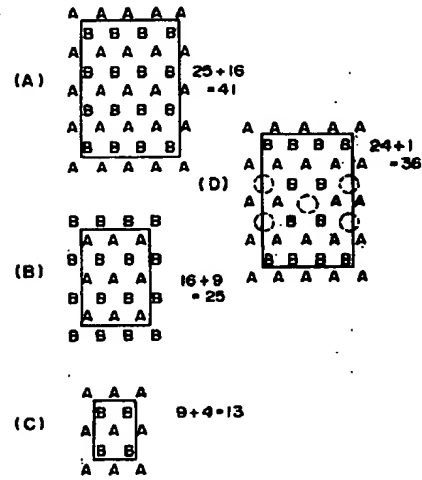
【図7】

本発明の第2実施例によるBAA露光マスクを示す図



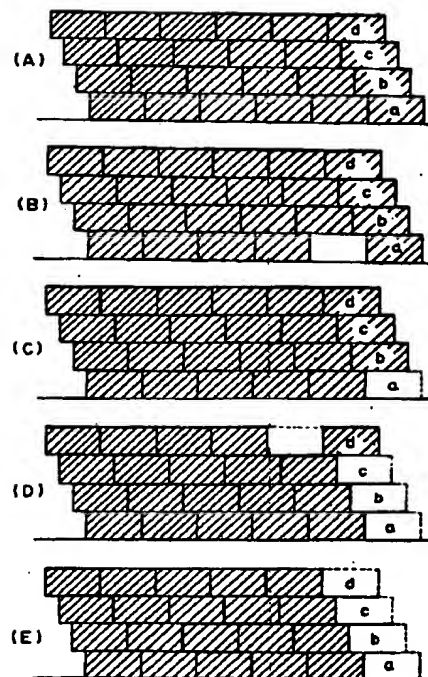
【図6】

本発明を矩形パターンの精密露光に対して適用した例を示す図



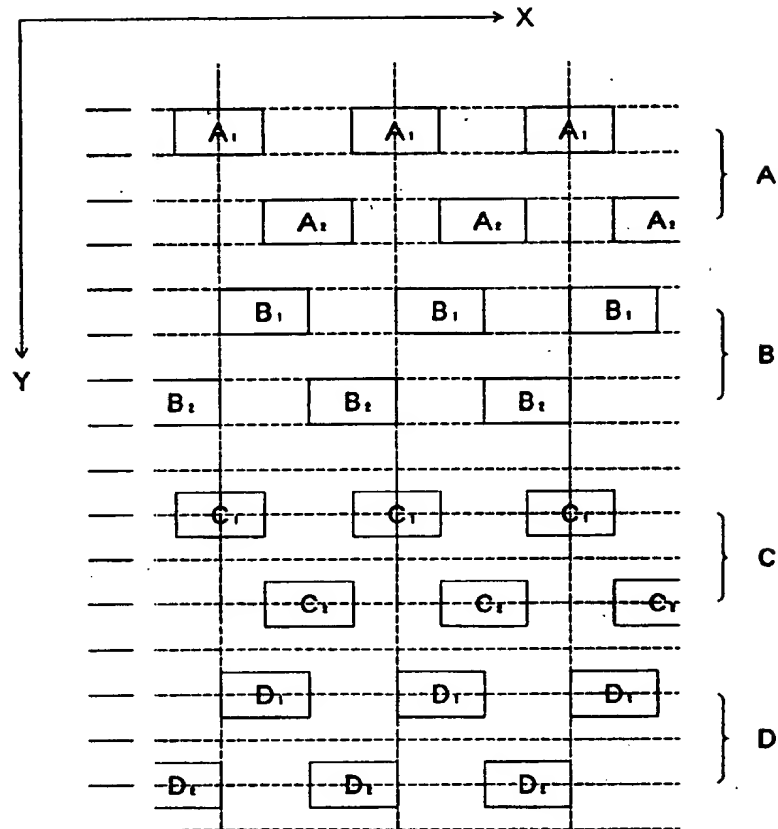
【図8】

図7の露光マスクを使った露光例を示す図



【図9】

本発明の第3実施例によるBAAマスクの構成を示す図



【図10】

図9のマスクを使って基板上に露光される
露光パターンを示す図

(A)

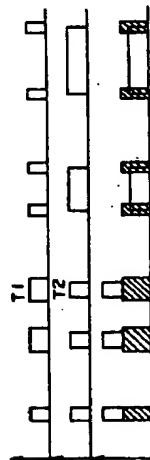
C	D	C	D	C	D	C	D	C
A	B	A	B	A	B	A	B	A
C	D	C	D	C	D	C	D	C
A	B	A	B	A	B	A	B	A

(B)



【図12】

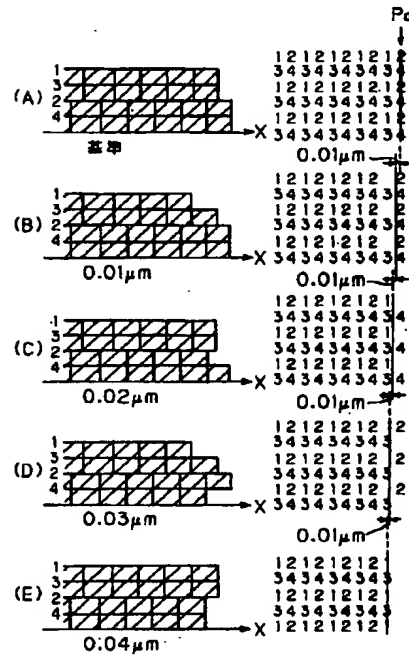
本発明を近接効果の補正に対して適用した例を示す図



(A) (B) (C)

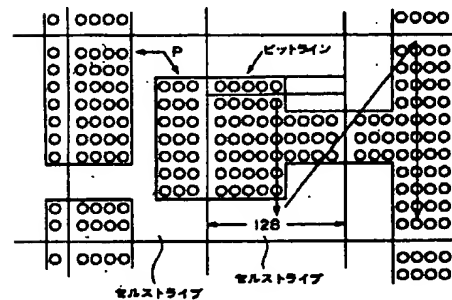
【図11】

(A)~(E)は図9のマスクを使った基板の露光
パターンのエッジ位置の微調整を示す図



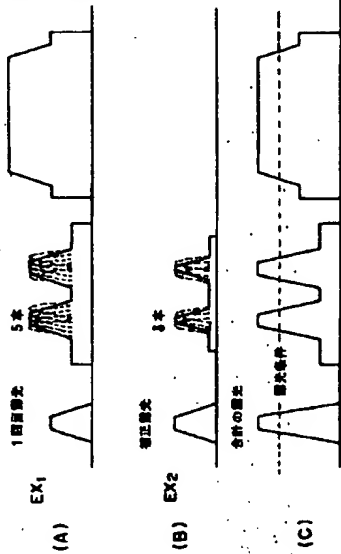
【図15】

図14の露光装置で露光される露光パターンの例を示す図



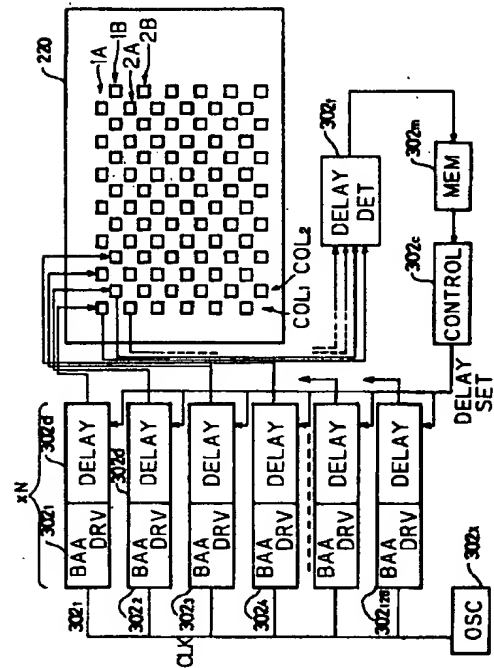
【図13】

本発明を近接効果の補正に対して適用した別の例を示す図



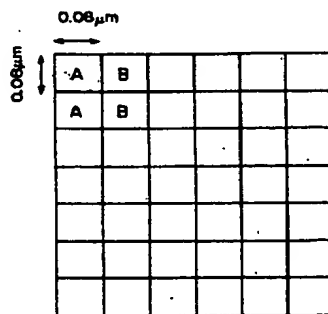
【図17】

本発明の第4実施例の構成を示すブロック図



【図25】

図23のマスクにより半導体基板上に露光される露光パターンを示す図



【図27】

図23, 24に示すマスクを使って露光した場合に生じる露光タイミングのずれを示す図

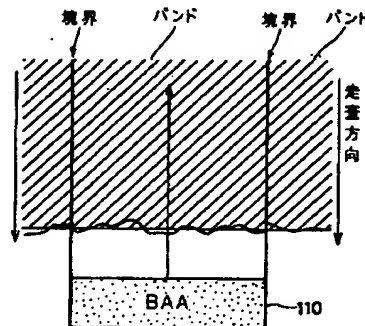
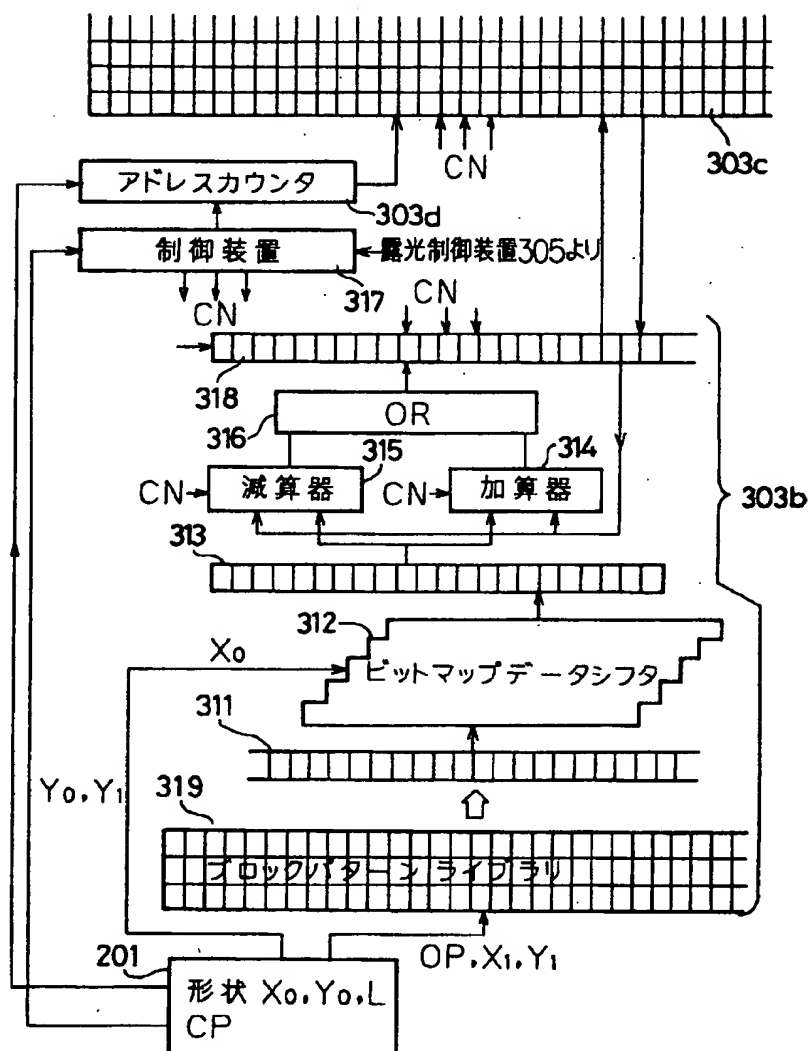
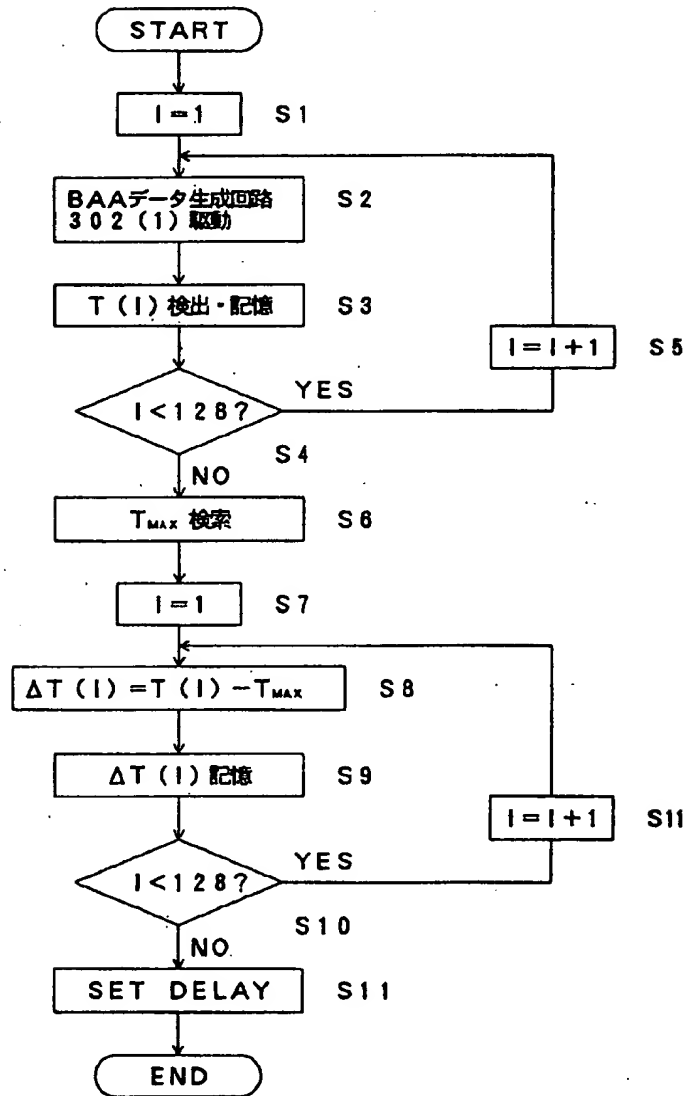


図14の露光装置中のデータ展開部の構成を示す図



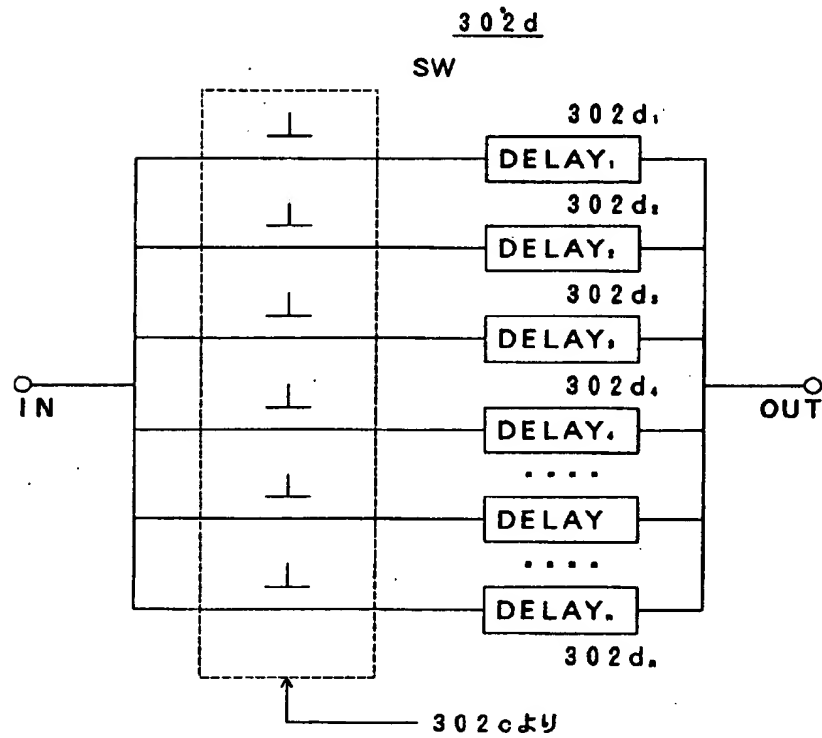
【図18】

図17の構成による動作を示すフローチャート



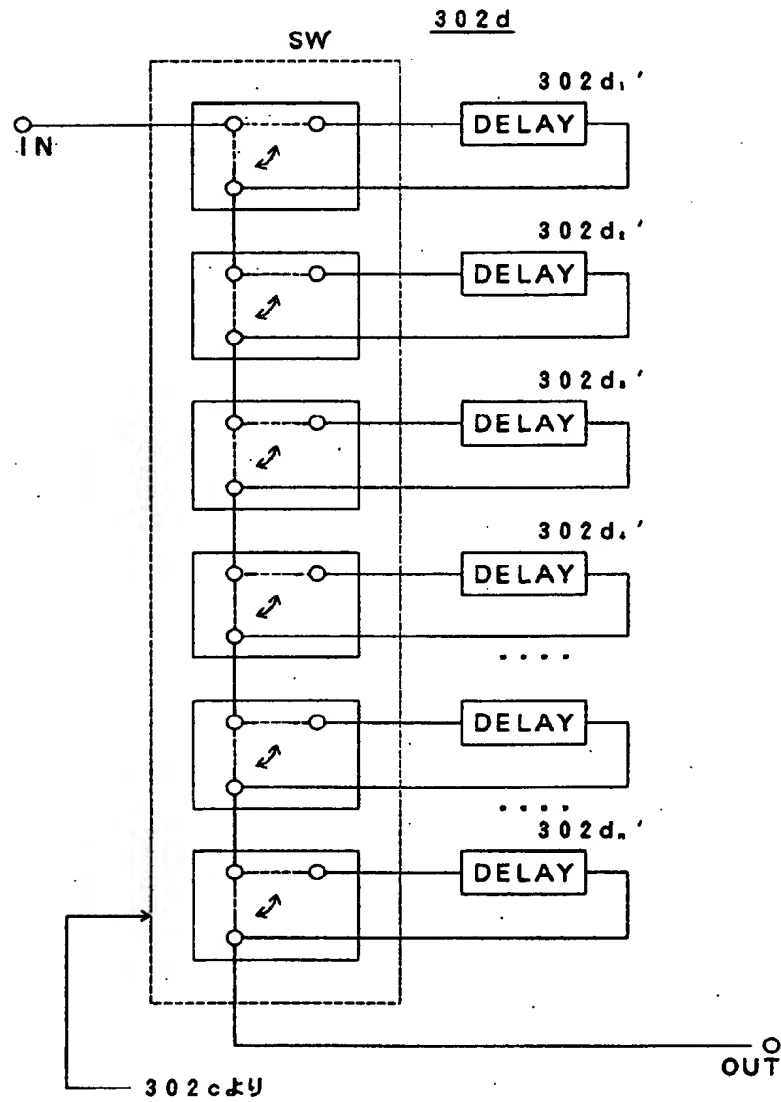
【図19】

図17の回路において使われる遅延回路の構成を示す図



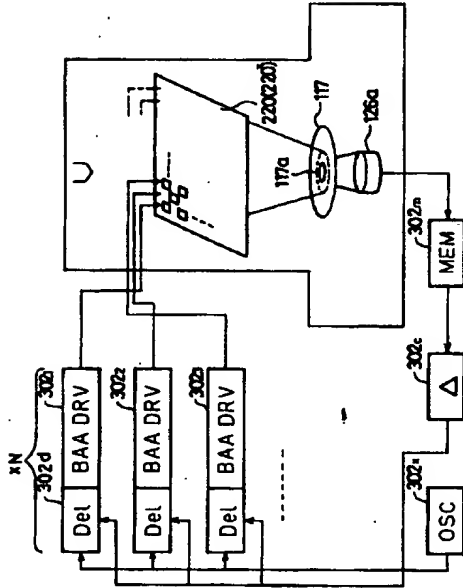
【図20】

図17の回路において使われる遅延回路の構成の別の例を示す図



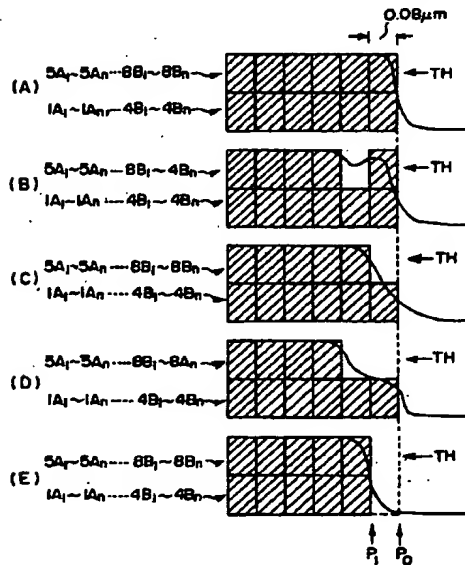
【図21】

本発明の第5実施例の構成を示すブロック図



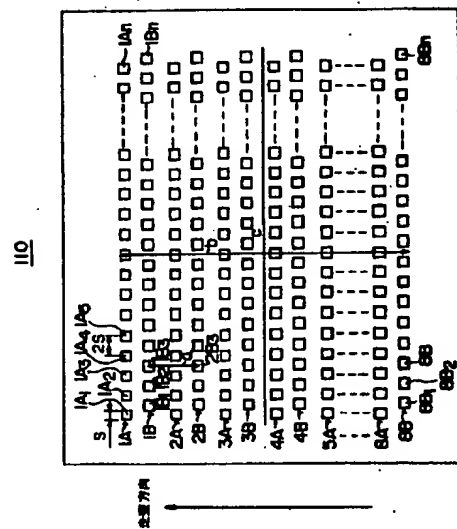
【図26】

図23のマスクを使った露光において生じる問題点を説明する図



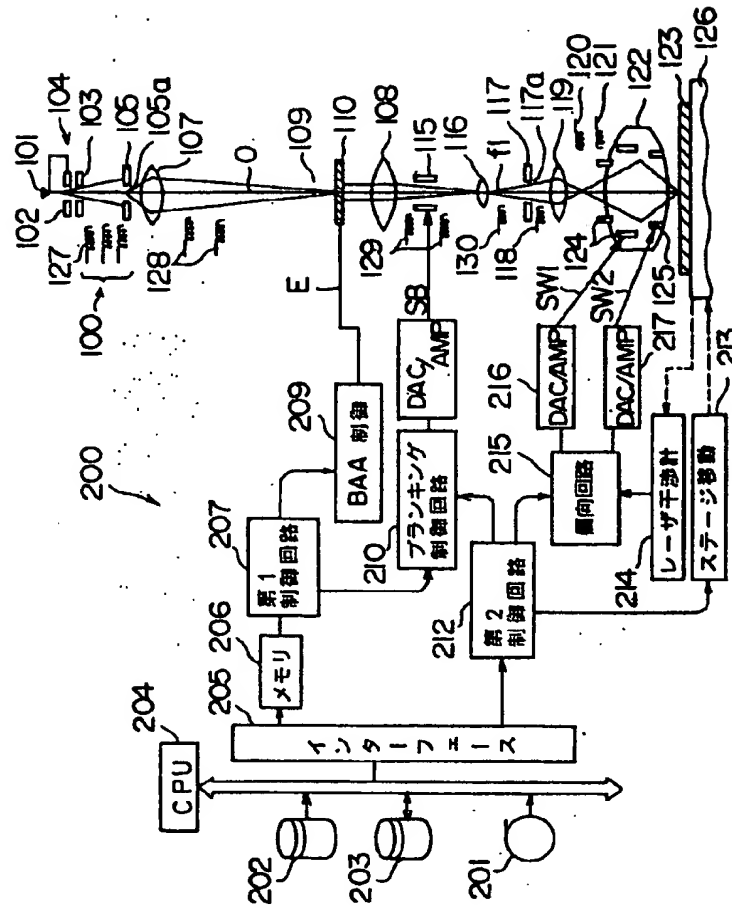
【図23】

図21の電子ビーム露光装置で使われているBAAマスクの構成を示す図



【図22】

従来の電子ビーム露光装置の構成を示す図



【図24】

